



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003065

(51)⁷ **C02F 1/62; C02F 3/32**

(13) **Y**

(21) 2-2017-00322

(22) 20/10/2017

(45) 27/03/2023 420

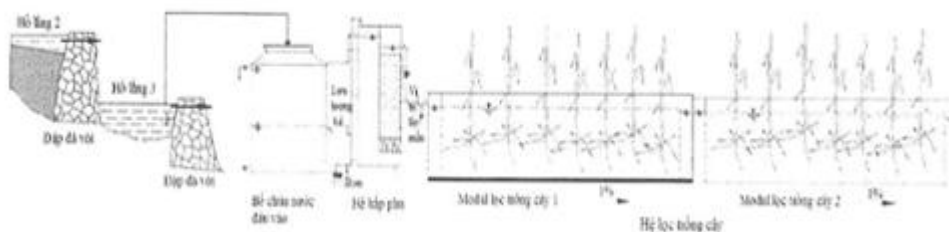
(43) 25/12/2017 357A

(73) Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội (VN)
334 Nguyễn Trãi, quận Thanh Xuân, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Thị Hoàng Hà (VN); Mai Trọng Nhuận (VN); Cao Thế Hà (VN); Trần Đăng Quy (VN).

(54) **HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI NHIỄM KIM LOẠI NẶNG**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng bao gồm: (1) bể hấp phụ chứa vật liệu hấp phụ là bùn thải từ mỏ sắt được biến tính, trong đó bùn thải từ mỏ sắt này có thành phần bao gồm các khoáng vật sau: thạch anh 35% - 40%, gotit 16% - 24%, kaolinit 11% - 17%, muscovit 5% - 10%, illit 5% - 7%, talc 4% - 8%, hematit 3% - 5%, gibbsit 3% - 4%, magnetit 1% - 2%, bùn thải này và được biến tính bằng cách trộn với thủy tinh lỏng có thành phần bao gồm: Na_2O : 11,5% - 12,2%, SiO_2 : 27,5% - 29,5% theo tỷ lệ bùn thải: thủy tinh lỏng = 9:1 và được nung ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300 - 350°C, thành phần khoáng vật của hạt vật liệu sau khi biến tính (sau khi nung) bao gồm: thạch anh 39% - 42%, kaolinit 11% - 15%, muscovit 10% - 12%, gotit 8% - 11%, illit 7% - 9%, hematit 7% - 9%, talc 3% - 5%, magnetit 1% - 2%, gibbsit 1% - 2%; và (2) bãi lọc trồng cây được bố trí để tiếp nhận nước đi ra từ bể hấp phụ, trong đó cây này là cây sậy (*Phragmites australis*) và giá thể cho cây sậy là đá ong, bãi lọc trồng cây này được cấu tạo dạng chảy ngầm dòng chảy ngang. Hệ thống theo giải pháp hữu ích xử lý được nước thải nhiễm kim loại nặng đạt tiêu chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT loại B hoặc A với các vật liệu lọc là bùn thải và cây sậy phổ biến ở vùng chế biến quặng, giúp xử lý môi trường hiệu quả, tiết kiệm chi phí và thân thiện với môi trường.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng, cụ thể là hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng thải ra từ vùng khai thác và chế biến quặng bằng cách sử dụng chất hấp phụ là bùn thải của mỏ quặng sắt và kết hợp với xử lý bằng bãi lọc trồng cây sử dụng cây sậy.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Việt Nam là một quốc gia có tài nguyên khoáng sản dồi dào. Do vậy việc phát triển khai thác và chế biến tài nguyên khoáng sản đang là một trong những ngành kinh tế mũi nhọn và quan trọng không thể thiếu, đặc biệt là nước ta đang là một trong những nước đang phát triển. Hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản mang lại nhiều lợi ích kinh tế, tuy nhiên cũng gây ra những tác động tiêu cực đến môi trường, như làm ô nhiễm nguồn nước bởi các kim loại nặng. Nhiễm độc kim loại nặng như As, Cd, Pb trong môi trường nước làm ảnh hưởng tới môi trường, hệ sinh thái và sức khỏe cộng đồng. As, Cd, Pb là các nguyên tố vết có độc tính cao khi tồn tại trong môi trường với hàm lượng lớn, được sinh ra do quá trình hoạt động, khai thác và chế biến khoáng sản. Một số hồ đê thải và dòng thải axit mỏ có hàm lượng As, Cd, Pb cao, chúng dễ dàng di chuyển và tích tụ trong môi trường đất và trầm tích. As, Cd và Pb tích lũy trong cơ thể con người thông qua các chuỗi thức ăn. Chính vì vậy mà yêu cầu xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng là hết sức cấp thiết.

Nhiều phương pháp đã được phát triển và sử dụng nhằm xử lý kim loại nặng như phương pháp hấp phụ, phương pháp trao đổi ion, phương pháp sinh học và phương pháp keo tụ. Tuy nhiên, hầu hết các phương pháp này đều đòi hỏi thiết bị hiện đại và chi phí cao. Một số nguyên liệu khoáng tự nhiên được sử dụng làm vật

liệu hấp phụ như kaoninit, diatomit, và laterit. Hấp phụ được coi là phương pháp hiệu quả và chi phí thấp mà có thiết kế và vận hành linh hoạt, loại bỏ nhanh và chiếm ít không gian. Tuy nhiên, sự hấp phụ có tính thuận nghịch và hiệu quả loại bỏ kim loại phụ thuộc vào loại chất hấp phụ và kim loại cần được loại bỏ.

Cũng đã biết đến phương pháp xử lý nước thải bằng thực vật, phương pháp này tiêu thụ ít năng lượng, tiết kiệm chi phí và thân thiện với môi trường. Các loại thực vật sống trong môi trường nước như (ví dụ, *Lemna minor*, L., *Eichhornia crassipes*, *Phragmites australis*) đã được sử dụng rộng rãi. Nhiều nghiên cứu và ứng dụng kỹ thuật xử lý nước thải bằng bãi lọc trồng cây đã được thực hiện trong nhiều năm qua. Kỹ thuật này liên quan đến các quy trình sinh học mà trong đó thực vật đóng vai trò quan trọng của hệ thống xử lý.

Vì vậy, việc kết hợp các công nghệ xử lý nước thải là cần thiết để loại bỏ các kim loại nặng ra khỏi nước thải, đồng thời giảm giá thành xử lý nước thải.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là khắc phục các nhược điểm của các giải pháp đã biết nêu trên và kết hợp các ưu điểm của các phương pháp đã biết để tối ưu hóa việc loại bỏ các kim loại nặng ra khỏi nước thải, và tận dụng các nguyên liệu tự nhiên để giảm giá thành xử lý nước thải, đặc biệt là nước thải nhiễm kim loại nặng từ các khu chế biến khoáng sản.

Để đạt được mục đích đó, giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng bao gồm:

bể hấp phụ chứa vật liệu hấp phụ chế tạo từ bùn thải khu mỏ sắt, trong đó bùn thải từ mỏ sắt này có thành phần bao gồm các khoáng vật sau (tính theo % tổng khối lượng bùn thải): thạch anh 35% - 40%, gotit 16% - 24%, kaolinit 11% - 17%, muscovit 5% - 10%, illit 5% - 7%, talc 4% - 8%, hematit 3% - 5%, gibbsit 3%

- 4%, magnetit 1% - 2%, bùn thải này và được biến tính bằng cách trộn với thủy tinh lỏng có thành phần bao gồm: Na_2O : 11,5% - 12,2%; SiO_2 : 27,5% - 29,5% theo tỷ lệ bùn thải: thủy tinh lỏng = 9:1 và được nung ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300 – 350°C, thành phần khoáng vật của hạt vật liệu sau khi biến tính (sau khi nung) bao gồm: thạch anh 39% - 42%, kaolinit 11% - 15%, muscovit: 10% - 12%, gotit 8% - 11%, illit 7% - 9%, hematit 7% - 9%, talc 3% - 5%, magnetit 1% - 2%, gibbsit 1% - 2%; và

bãi lọc trồng cây được bố trí để tiếp nhận nước đi ra từ bể hấp phụ, trong đó cây này là cây sậy và giá thể cho cây sậy là đá ong, bãi lọc trồng cây này được cấu tạo dạng chảy ngầm từ trên xuống.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng này còn bao gồm bể lắng đặt phía trước bể hấp phụ để cấp nước đầu vào cho bể hấp phụ.

Theo một phương án khác của giải pháp hữu ích hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng này bao gồm nhiều bãi lọc trồng cây được bố trí theo kiểu nối tiếp nhau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ kèm theo

Hình 1: Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng theo giải pháp hữu ích

Hình 2: Sơ đồ mặt bằng bố trí hệ thống xử lý nước thải theo giải pháp hữu ích

Hình 3: Bể hấp phụ theo một phương án được thể hiện trong ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Hình 4: Biểu đồ thể hiện giá trị BOD và COD trong nước

Hình 5: Biểu đồ thể hiện hàm lượng Mn trong nước (mg/l) theo ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Hình 6: Biểu đồ thể hiện hàm lượng Fe trong nước (mg/l) theo ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Hình 7: Biểu đồ thể hiện hàm lượng Zn trong nước (mg/l) theo ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Hình 8: Biểu đồ thể hiện hàm lượng As trong nước (mg/l) theo ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Hình 9: Biểu đồ thể hiện hàm lượng Cd trong nước (mg/l) theo ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Hình 10: Biểu đồ thể hiện hàm lượng Pb trong nước (mg/l) theo ví dụ 1 của giải pháp hữu ích

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng theo giải pháp hữu ích bao gồm hai bộ phận chính, cụ thể là:

(1) Bể hấp phụ chứa vật liệu hấp phụ chế tạo từ bùn thải của khu chế biến sắt; và

(2) Bãi lọc trồng cây được bố trí để tiếp nhận nước đi ra từ bể hấp phụ.

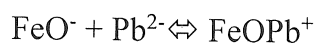
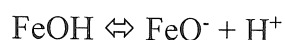
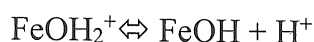
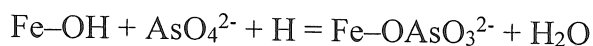
Vai trò cụ thể của từng bộ phận nêu trên sẽ được giải thích một cách chi tiết dưới đây:

(1) Bể hấp phụ

Thành phần của vật liệu hấp phụ: bể hấp phụ chứa vật liệu hấp phụ chế tạo từ bùn thải từ khu chế biến sắt, trong đó bùn thải từ mỏ sắt này có thành phần bao gồm các khoáng vật bể hấp phụ chứa vật liệu hấp phụ chế tạo từ bùn thải khu chế

biến sắt, trong đó bùn thải từ mỏ sắt này có thành phần bao gồm các khoáng vật bao gồm: thạch anh 35% - 40%, gotit 16% - 24%, kaolinit 11% - 17%, muscovit 5% - 10%, illit 5% - 7%, talc 4% - 8%, hematit 3% - 5%, gibbsit 3% - 4%, magnetit 1% - 2%, bùn thải này và được biến tính bằng cách trộn với thủy tinh lỏng có thành phần bao gồm Na_2O : 11,5% - 12,2%; SiO_2 : 27,5% - 29,5% và lượng còn lại là nước theo tỷ lệ bùn thải: thủy tinh lỏng = 9:1, để hỗ trợ cho quá trình trộn, nước có thể được thêm vào hỗn hợp bùn quặng khô và nước thủy tinh theo tỷ lệ bùn thải: thủy tinh lỏng: nước = 9:1:4, sau khi trộn đều, hỗn hợp này được nung ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300 – 350⁰C, thành phần khoáng vật của hạt vật liệu sau khi biến tính (sau khi nung) là: thạch anh (39-42%), kaolinit (11-15%), muscovit (10-12%), gotit (8-11%), illit (7-9%), hematit (7-9%), talc (3-5%), magnetit (1-2%), gibbsit (1-2%). Bùn thải tạo thành do quá trình chế biến quặng sắt có kích thước hạt nhỏ (chủ yếu là bột, sét) nếu sử dụng để xử lý trực tiếp sẽ làm tắc hệ thống hoặc phát tán các chất gây ô nhiễm ra môi trường xung quanh. Do đó, việc trộn thủy tinh lỏng sẽ làm kết dính các bùn thải, tạo thành các hạt vật liệu hấp phụ với đường kính 2 mm và độ dài khoảng 0,5 – 2 cm. Với tỷ lệ bùn thải : thủy tinh lỏng = 9:1, lượng thủy tinh lỏng sẽ không đủ để làm kết dính toàn bộ bùn thải, do đó cần sử dụng thêm nước sạch (nước cất) để trộn đều bùn thải và thủy tinh lỏng. Lượng nước này và một phần lượng nước trong thủy tinh lỏng và bùn thải sẽ bốc hơi trong quá trình nung vật liệu. Việc nung vật liệu sẽ làm tăng độ bền của hạt vật liệu khi xử lý nước. Thực nghiệm cho thấy nếu không nung hạt vật liệu (để khô tự nhiên ở nhiệt độ 25⁰C) thì trong vòng 1 tuần hạt vật liệu sẽ tan ra trong nước (tạo thành các hạt bùn thải giống như chưa trộn thủy tinh lỏng). Hạt vật liệu được nung ở nhiệt độ 300 – 350⁰C hầu như không bị tan ra sau 8 tháng tiến hành thí nghiệm ngâm trong nước.

Các kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn, Mn) trong nước thải được xử lý thông qua các cơ chế hấp phụ và đồng kết tủa. Gotit và kaolinit là các khoáng vật đóng vai trò quan trọng trong hấp phụ kim loại nặng. Ví dụ gotit liên kết cố định As, Pb theo cơ chế như sau:



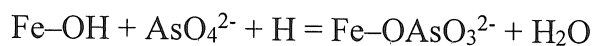
Với cơ chế hấp phụ, khả năng hấp phụ kim loại nặng của các hạt vật liệu sẽ giảm dần theo thời gian đến khi hấp phụ đạt trạng thái bão hòa. Bên cạnh đó, tùy theo công suất chế biến và ảnh hưởng của chế độ thủy văn, lượng mưa, hàm lượng kim loại nặng trong nguồn nước thải đầu vào của các khu khai thác và chế biến khoáng sản thường không ổn định. Do đó, cần thiết kế thêm hệ thống xử lý nối tiếp hệ thống hấp phụ để đảm bảo nước thải đầu ra đạt quy chuẩn cho phép của Bộ Tài nguyên và Môi trường (QCVN 40:2011).

(2) Bãi lọc trồng cây

Bãi lọc trồng cây là hệ thống dòng chảy ngầm (nằm ngang) sử dụng cây Sậy (*Phragmites australis*) và giá thể cho cây sậy là đá ong. Thành phần khoáng vật của đá ong sử dụng làm giá thể trong hệ thống bãi lọc trồng cây bao gồm: thạch anh (20-29%), kaolinit (30-35%), gotit (26-39%), illit (3-6%), hematit (3-6%), pyrit (1-2%). Kích thước các hạt đá ong sử dụng là 2-3 cm.

Cơ chế xử lý kim loại nặng của bãi lọc trồng cây bao gồm: sự hấp thụ và tích lũy kim loại nặng trong cây Sậy, hấp phụ và trao đổi ion, tạo phức, oxy hóa bởi vi sinh vật và kết tủa. Bên cạnh vai trò tích lũy kim loại nặng (đặc biệt là Fe, Mn và Zn), cây sậy còn đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp môi trường và bề mặt

cho sự phát triển của vi sinh vật, từ đó xảy ra các quá trình xử lý kim loại nặng trong nước thải. Giá thể vừa đóng vai trò cố định và tạo môi trường cho cây sậy phát triển, vừa có khả năng hấp phụ và trao đổi ion. Thành phần khoáng vật trong đá/vật liệu sử dụng làm giá thể khác nhau thì khả năng xử lý của bãi lọc trồng cây khác nhau. Bằng thực nghiệm, các tác giả của giải pháp hữu ích đã tiến hành các nghiên cứu với các giá thể khác nhau như: đất, đá vôi, đá ong và nhận thấy rằng với giá thể là đất và đá vôi, thì giá thể là đất sẽ có thành phần chủ yếu bao gồm thạch anh (50-60%), muscovit (10-18%), kaolinit (7-11%), plagioclas (5-9%), calcit (1-2%), cordierit (1-2%), giá thể đá vôi có thành phần khoáng vật chủ yếu bao gồm calcit (40-70%), ankerit (30-60%). Cả hai loại giá thể đất và đá vôi này đều hầu như không chứa gotit, nên khả năng hấp phụ và cố định As thấp, nên nước đầu ra còn chứa hàm lượng As cao. Trong khi đó, đá ong có thành phần khoáng vật chính bao gồm: thạch anh (20-29%), kaolinit (30-35%), gotit (26-39%), illit (3-6%), hematit (3-6%), pyrit (1-2%). Đá ong có thành phần gotit cao (26-39%), đây là khoáng vật có khả năng liên kết cố định As tốt theo cơ chế phản ứng sau:



Do đó, các tác giả giải pháp hữu ích đã lựa chọn giá thể đá ong. Việc kết hợp bãi lọc trồng cây sử dụng cây Sậy và giá thể đá ong có khả năng xử lý tốt các kim loại As, Mn, Zn, Fe. Ngoài ra, việc sử dụng bãi lọc trồng cây còn làm tự nhiên hóa nước thải công nghiệp, chi phí rẻ và thân thiện với môi trường. Tuy nhiên, hạn chế của việc sử dụng thực vật nói chung và cây sậy nói riêng là cây khó có khả năng thích nghi với điều kiện thay đổi nhanh điều kiện nước thải đầu vào (ví dụ như hàm lượng kim loại trong nước thải đầu vào cao hoặc pH thay đổi nhanh). Để hạn chế rủi ro này, cần phải có sự kết hợp với hệ thống tiền xử lý trước khi đưa nước thải vào hệ thống bãi lọc trồng cây.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Áp dụng hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng tại khu chế biến Lũng Váng thuộc khu mỏ chì kẽm Chợ Đồn, Bắc Kạn với công suất $Q = 5\text{m}^3/\text{ngày}$ đêm. Thành phần trung bình của nước thải trước khi chảy vào hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng như sau:

	pH	As	Cd	Fe	Mn	Pb	Zn
Tháng 02/2016	7,0	0,23	0,004	1,29	3,02	0,35	0,76
QCVN 40:2011 (A)	6 – 9	0,05	0,05	1	0,5	0,1	3
QCVN 40:2011 (B)	5,5 – 9	0,1	0,1	5	1,0	0,5	3

Hệ thống xử lý nước thải được lấy làm ví dụ theo giải pháp hữu ích bao gồm:

Bể hấp phụ:

Bể hấp phụ được thiết kế với chiều cao lớp vật liệu hấp phụ = 1,2 m, thể tích ngăn chứa vật liệu là $V = \text{HRT} \times Q \times 2$ (hệ số an toàn) = $30 \times 0,21 \times 2 / 24 = 0,21 \text{ m}^3$. Tiết diện ngăn chứa vật liệu = $0,21 / 1,2 = 0,175 \text{ m}^2$, chọn cạnh là 0,42 m. Loại vật liệu hấp phụ đã lựa chọn trước bao gồm các khoáng vật thạch anh (40%), gotit (20%), kaolinit (11%), muscovit (10%), illit (7%), talc (4%), hematit (3%), gibbsit (3%), magnetit (2%). Bùn thải này và được biến tính bằng cách trộn với thủy tinh lỏng ($\text{Na}_2\text{O} \approx 12.2\%$; $\text{SiO}_2 \approx 28\%$) theo tỷ lệ bùn thải: thủy tinh lỏng: nước cất = 9:1:4 và được nung ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300°C . Thành phần khoáng vật của hạt vật liệu sau khi biến tính (sau khi nung) là: thạch anh (42%), kaolinit (13%), muscovit (12%), gotit (10%), illit (9%), hematit (7%), talc (3%), magnetit (2%), gibbsit (2%). Chiều cao lớp vật liệu = 1,2 m; thể tích vật liệu đồ đồng = 0,21

m³, khối lượng vật liệu là 138 kg. Đáy ngăn chứa vật liệu có lót lớp sỏi đỡ, hệ có van xả cặn và đường chống tràn.

Bãi lọc trồng cây:

Giá thể là đá ong có độ xốp là $\sim 0,45$. Tiết diện của hệ lọc trồng cây = $HRT \times Q / (H \times \text{độ rỗng vật liệu}) = 48 \times 0,21 / (1 \times 0,45) = 23 \text{ m}^2$. Diện tích trồng cây = 23 m^2 , Thể tích vật liệu = 23 m^3 . Kích thước chọn: Rộng x Dài (vật liệu) = $1,0 \times 23 \text{ m}$. Thiết kế 6 mô đun, kích thước 04 mô đun đầu = Rộng x cao x dài = $1 \times 1,2 \times 5,1 \text{ m}$ (0,5 m bố trí ngăn phân phối và thu nước hai đầu mỗi mô đun); kích thước 02 mô đun sau = Rộng x cao x dài = $1 \times 0,6 \times 5,1 \text{ m}$. Bố trí van lấy mẫu để tính k_v ; nối ống và van lấy mẫu sử dụng ống và van PVC tiêu chuẩn D27.

Vận hành hệ thống xử lý:

Nước thải được bơm dâng tự động đưa vào bồn chứa 5m^3 , sau đó được bơm bơm định lượng lên hệ hấp phụ với lưu lượng $Q = 5\text{m}^3/\text{ngày}$. Hệ hấp phụ: vật liệu hấp phụ dạng hạt sẽ xử lý kim loại nặng. Từ hệ hấp phụ nước tự chảy vào hệ lọc trồng cây gồm 6 mô đun nối tiếp. Bãi lọc trồng cây là bãi lọc ngang chảy ngầm, phía trên trồng cây sậy (*Phragmites australis*).

Ký hiệu các mô đun: mô đun 1 (MD1) là nước chảy qua bể lắng, mô đun 2 (MD2) là nước chảy qua hệ hấp phụ, mô đun 3, 4, 5, 6, 7, 8 (MD3, MD4, MD5, MD6, MD7, MD8) lần lượt là nước chảy qua 6 ngăn của bãi lọc trồng cây sử dụng giá thể đá ong.

Kết quả áp dụng hệ thống được lấy làm ví dụ có công suất $5\text{m}^3/\text{ngày}$ đêm theo giải pháp hữu ích như sau:

- **Hàm lượng trong nước**

Chỉ số BOD₅ và COD: Giá trị BOD₅ và COD trong nước thải lần lượt là 3,9 và 8,1 mg/l, giảm xuống còn 2,4 - 2,7 và 3,2 - 3,8 mg/l sau khi qua 1 hồ lắng, bể lắng (MD1), bể hấp phụ (MD2) và bãi lọc trồng cây (MD3-8) (Hình 4).

Mangan (Mn): Kết quả phân tích hàm lượng Mn trong nước thải sau khi qua hệ thống hồ lắng, bể lắng, cột vật liệu, mô đun trồng cây Sậy (Hình 5) cho thấy, nước thải sau qua hệ thống bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây sau 4 tháng thí nghiệm vẫn đạt loại A theo QCVN40/2011. Hàm lượng Mn trong nước chảy qua hệ thống vật liệu giảm mạnh trong 7 ngày đầu thí nghiệm và hiệu suất loại bỏ Mn bởi vật liệu giảm dần trong 4 tháng. Hiệu suất xử lý Mn của hệ thống bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây sau 1 tuần, 1 tháng và 4 tháng lần lượt đạt 79,8%, 89,1% và 85,4%.

Sắt (Fe): Kết quả phân tích hàm lượng Fe trong nước chảy qua hệ thống hồ lắng, bể lắng, cột vật liệu, bãi lọc trồng cây trong thời gian 4 tháng thí nghiệm (Hình 6) cho thấy luôn thấp hơn QCVN40:2011 loại B, và nước thải sau hệ thống bể lắng, vật liệu, bãi trồng cây đạt loại A theo QCVN40:2011. Hiệu suất xử lý Fe của hệ thống bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây đạt 48,2%.

Kẽm (Zn): Kết quả phân tích cho thấy, hàm lượng Zn trong nước thải sau khi qua hệ thống đạt QCVN40/2011-loại A (Hình 7). Sau khi đi qua hệ thống hồ lắng 2, 3 (BL2, BL3) và bể lắng (MD1), cột vật liệu hấp phụ hàm lượng Zn trong nước thải giảm đi đáng kể (Hình 7). Tuy nhiên, khả năng xử lý Zn giảm đi theo thời gian trong 4 tháng tiến hành thí nghiệm. Cụ thể, hàm lượng Zn ban đầu của hồ lắng 2 – bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây khi bắt đầu thí nghiệm là 1,29; 0,483; 0,034; 0,004 mg/l; sau 1 tháng thí nghiệm, hàm lượng tương ứng là 0,810; 0,724; 0,188; 0,226; sau 4 tháng 1,26; 0,883; 0,547; 0,583mg/l. Hiệu suất xử lý Zn trung bình bởi vật liệu là 77,2% trong 4 tháng thí nghiệm. Hiệu suất xử lý Zn của bể lắng –

vật liệu – bãi lọc trồng cây là 91,9% sau 1 tháng thí nghiệm, sau đó hiệu suất giảm dần xuống còn 79,6% sau 4 tháng thí nghiệm.

Asen (As): Kết quả phân tích hàm lượng As trong mẫu nước thải tại các hồ lắng, bể lắng, cột vật liệu và bãi lọc trồng cây trong 4 tháng tiến hành thí nghiệm (Hình 8) cho thấy, hàm lượng As sau khi đi qua hệ thống bể lắng (MD1), hệ hấp phụ (MD2), và bãi lọc trồng cây đều đạt quy chuẩn loại B-QCVN40:2011, sau khi đi qua hệ thống bãi lọc trồng cây (MD5-8) thì hàm lượng As đạt quy chuẩn loại A. Hàm lượng As trong nước chảy qua hệ thống vật liệu giảm tương đối ổn định sau 4 tháng (Hình 8). Hiệu suất xử lý As bởi vật liệu trong những ngày đầu thí nghiệm là 82,7,4%, tuy nhiên sau đó giảm xuống còn 59,6% sau 1 tháng thí nghiệm và giảm còn 23,9% sau 4 tháng tiến hành thí nghiệm. Hiệu suất xử lý As của hệ thống bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây là 98,2% sau 7 ngày thí nghiệm; hiệu suất xử lý trung bình sau 4 tháng thí nghiệm là 93,9% (Hình 18).

Cadimi (Cd): Kết quả phân tích hàm lượng Cd trong nước chảy qua hệ thống vật liệu và bãi lọc trồng cây có xu hướng giảm tương đối ổn định (Hình 9). Hàm lượng Cd trong nước thải ban đầu tại hồ lắng 2 (BL2), hồ lắng 3 (BL3), bể lắng (MD1), cột vật liệu và bãi lọc trồng cây lần lượt là: 0,747; 0,631; 0,435; 0,128; 0,042 mg/l, sau 1 tháng tương ứng là 0,742; 0,610; 0,526; 0,390; 0,045 mg/l và sau 4 tháng tương ứng lần lượt là 0,526; 0,512; 0,396; 0,189; 0,043 mg/l. Nhìn chung, hàm lượng Cd sau khi đi qua bể lắng (MD1) và cột hấp phụ (MD2) chưa đạt quy chuẩn QCVN40:2011 loại B, nhưng sau khi đi qua hệ thống bãi lọc trồng cây nước thải từ MD3-8 thì đạt QCVN40:2011 loại B. Hiệu suất trung bình xử lý Cd của hệ thống bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây là 89,5% sau 4 tháng thí nghiệm (Hình 9).

Chì (Pb): Hàm lượng Pb trong nước thải tại các hồ lắng và sau khi đi qua bể lắng, cột vật liệu, bãi lọc trồng cây trong thời gian 4 tháng tiến hành thí nghiệm

được thể hiện ở hình 10. Nhìn chung, hàm lượng Pb ban đầu nước thải tại hồ lắng 2 là 0,66 mg/l sau đó giảm xuống còn 0,61; 0,57; 0,51mg/l sau khi đi qua 1 hồ lắng, bể lắng (MD1), hệ hấp phụ (MD2) và giảm còn 0,23 - 0,25 mg/l sau khi đi qua hệ thống bãi lọc trồng cây (Hình 11). Hàm lượng Pb sau khi đi qua hồ lắng, bể lắng 1, cột vật liệu và bãi lọc trồng cây đều đạt quy chuẩn QCVN40-2011 loại B đối với nước thải công nghiệp không phục vụ mục đích tưới tiêu (Hình 11). Hiệu suất xử lý trung bình Pb bởi vật liệu trong 4 tháng là 40,0%. Hiệu suất xử lý Pb của hệ thống bể lắng – vật liệu – bãi lọc trồng cây là 60,7% sau 4 tháng.

Trong 4 tháng vận hành hệ thống thử nghiệm theo giải pháp hữu ích với công suất 5 m³/ngày đêm xử lý nước thải trực tiếp tại nhà máy chế biến khoáng sản Lũng Váng thuộc khu mỏ chì kẽm Chợ Đồn đã cho thấy hiệu quả của hệ thống xử lý kim loại nặng của hệ hấp phụ và bãi lọc trồng cây, trong đó sử dụng vật liệu hấp phụ được chế tạo từ bùn thải mỏ sắt và bãi lọc trồng cây sử dụng cây sậy (*Phragmites australis*). Nước thải sau khi vận hành hệ thống xử lý nước quy mô 5 m³ nước/ngày-đêm đạt QCVN 40:2011/BTNMT loại B về nước thải công nghiệp (pH = 6-9 (loại A); BOD₅ ≤ 50 mg/l; COD ≤ 150 mg/l; Chất rắn lơ lửng ≤ 100 mg/l; Pb ≤ 0,5 mg/l; As ≤ 0,1 mg/l; Cd ≤ 0,1 mg/l; Zn ≤ 3 mg/l; Fe ≤ 5mg/l).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng bao gồm:

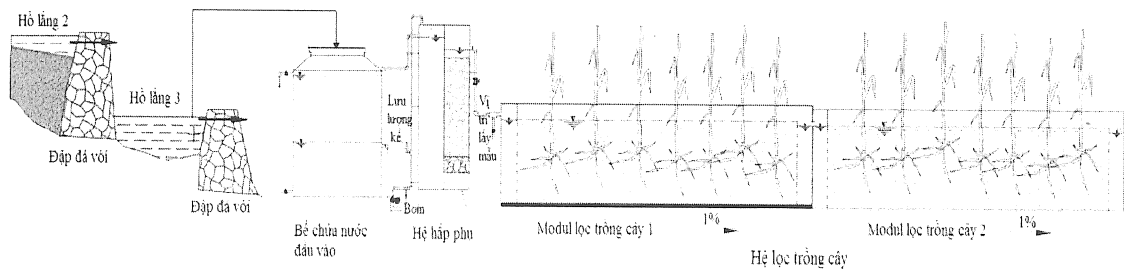
bể hấp phụ chứa vật liệu hấp phụ là bùn thải từ mỏ sắt được biến tính, trong đó bùn thải từ mỏ sắt này có thành phần bao gồm các khoáng vật tính theo phần trăm tổng khối lượng bùn thải: thạch anh: 40%, gotit: 20%, kaolinit: 11%, muscovit: 10%, illit: 7%, talc: 4%, hematit: 3%, gibbsit: 3%, magnetit: 2%, và bùn thải này được biến tính bằng cách trộn với thủy tinh lỏng có thành phần bao gồm: Na_2O : 12,2%; SiO_2 : 28% theo tỷ lệ bùn thải: thủy tinh lỏng = 9:1 và được nung ở nhiệt độ 300°C , thành phần khoáng vật của vật liệu sau khi biến tính sau khi nung bao gồm: thạch anh: 42%, kaolinit: 13%, muscovit: 12%, gotit: 10%, illit: 9%, hematit: 7%, talc: 3%, magnetit: 2%, gibbsit: 2%; và

bãi lọc trồng cây được bố trí để tiếp nhận nước đi ra từ bể hấp phụ, trong đó cây này là cây sậy và giá thể cho cây sậy là đá ong có thành phần khoáng vật chính bao gồm: thạch anh: 20-29%, kaolinit: 30-35%, gotit: 26-39%, illit: 3-6%, hematit: 3-6%, pyrit: 1-2%, bãi lọc trồng cây này được cấu tạo dạng chảy ngầm dòng chảy ngang.

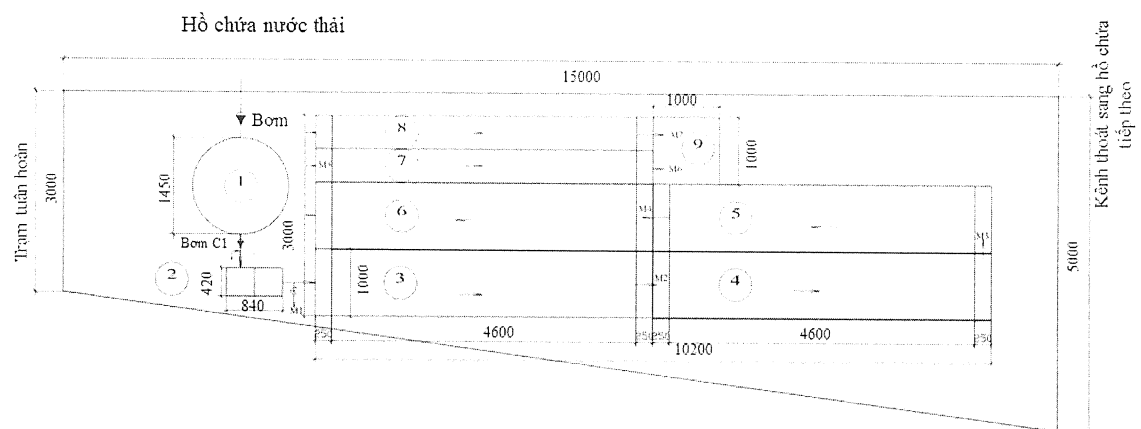
2. Hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm bể lắng đặt phía trước bể hấp phụ để cấp nước đầu vào cho bể hấp phụ.

3. Hệ thống xử lý nước thải nhiễm kim loại nặng theo điểm 1, trong đó hệ thống này bao gồm nhiều bãi lọc trồng cây được bố trí theo kiểu nối tiếp nhau.

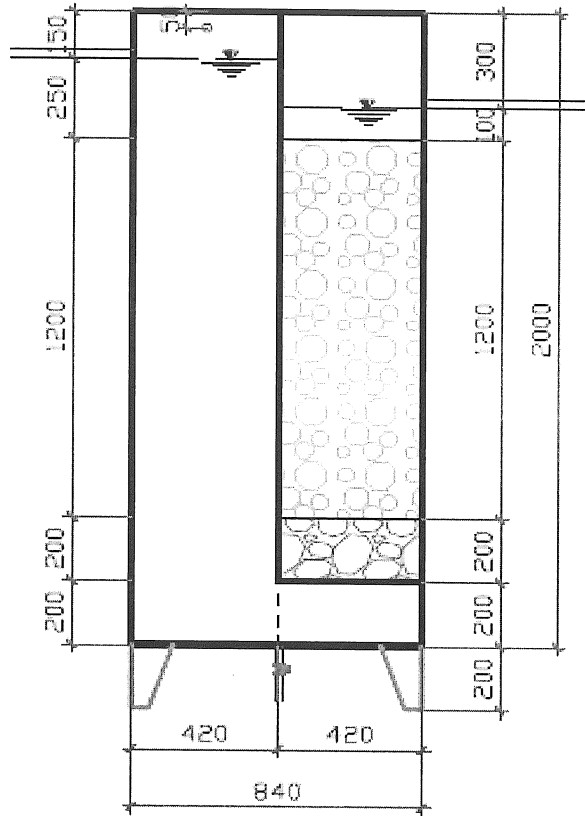
Hình 1



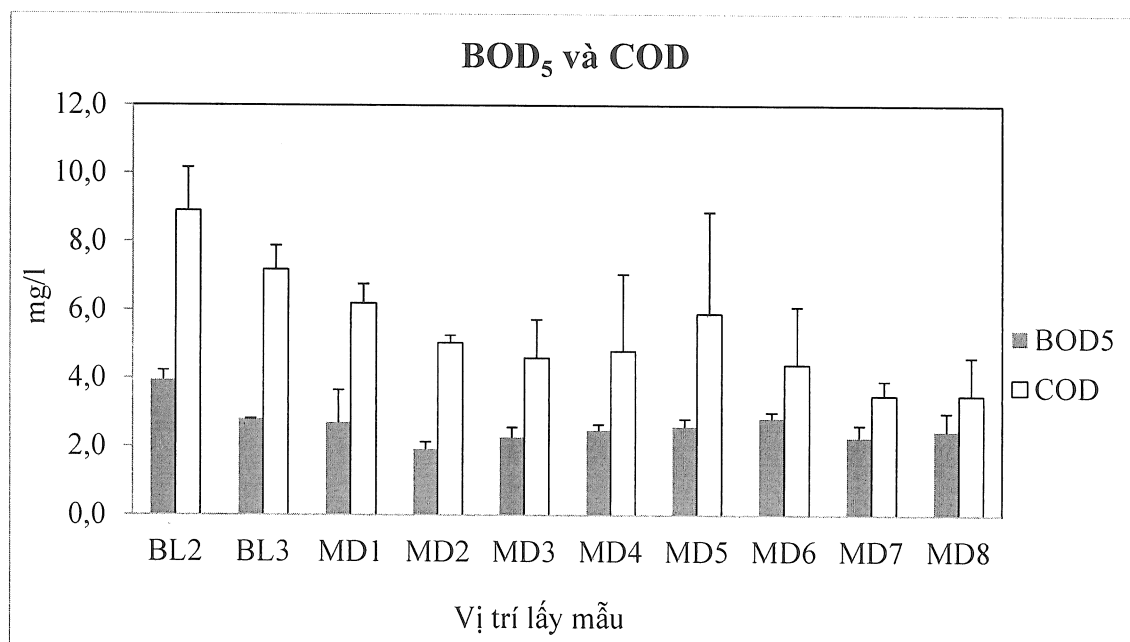
Hình 2



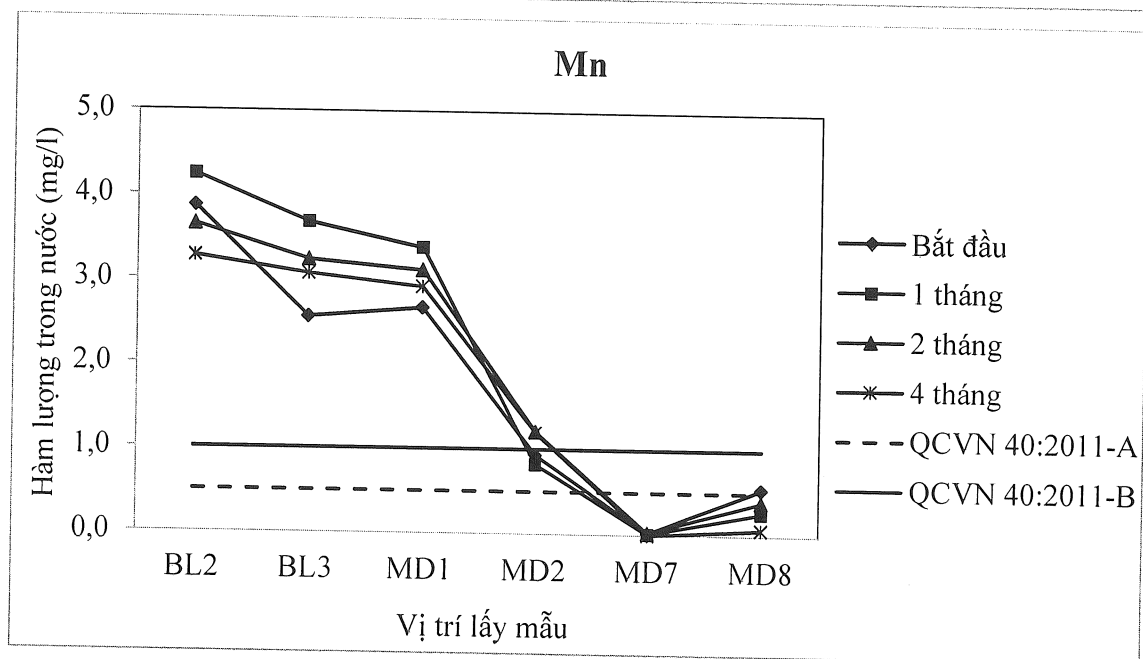
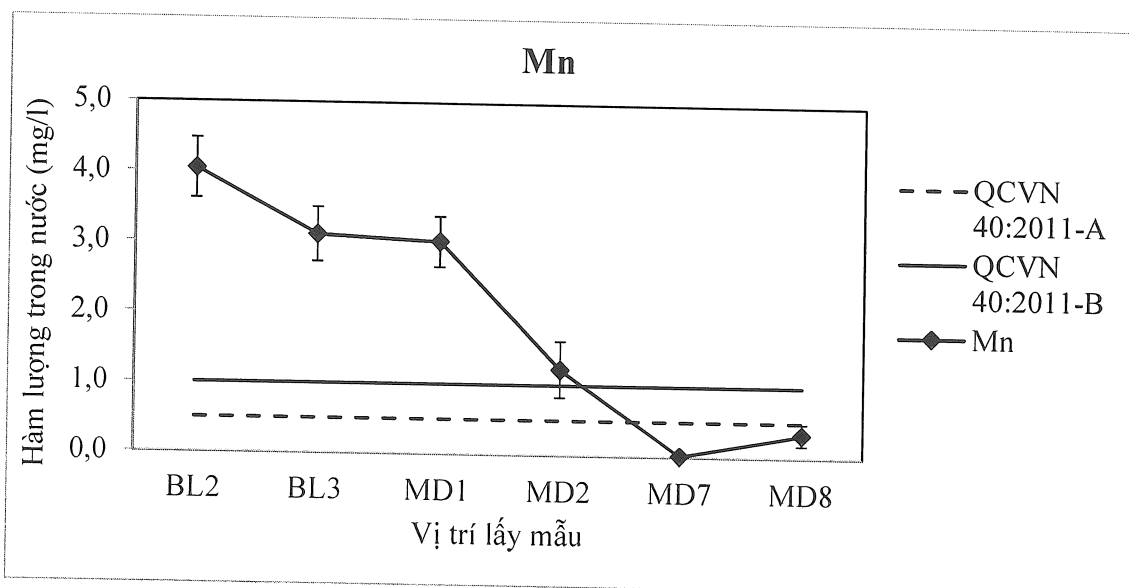
Hình 3



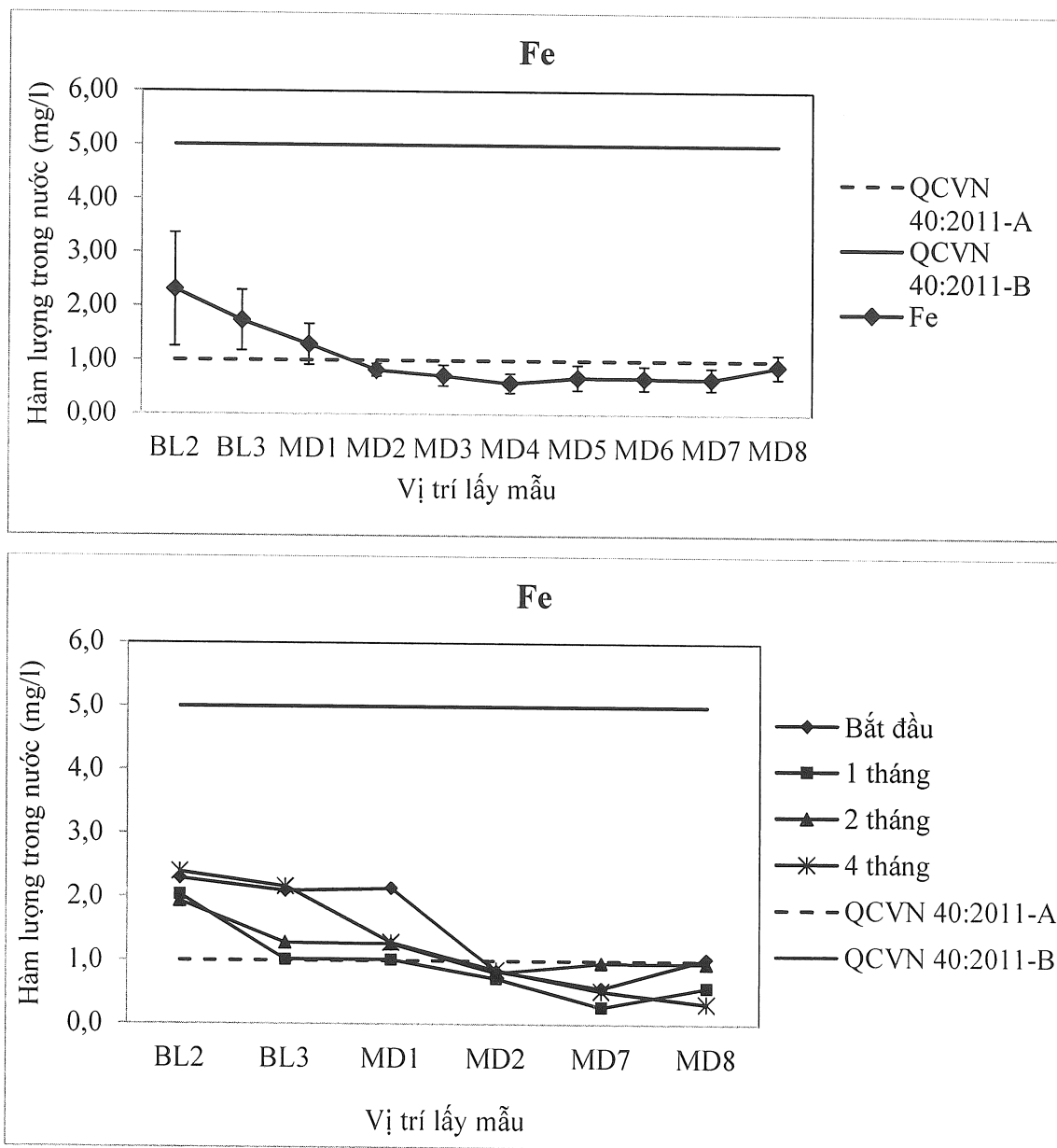
Hình 4



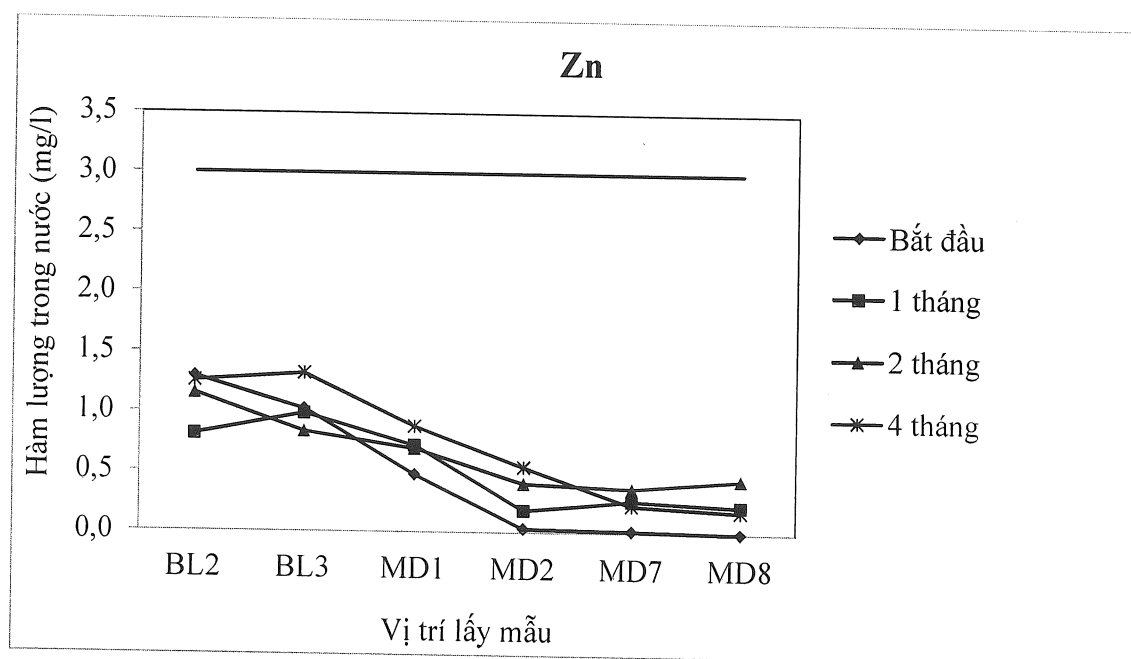
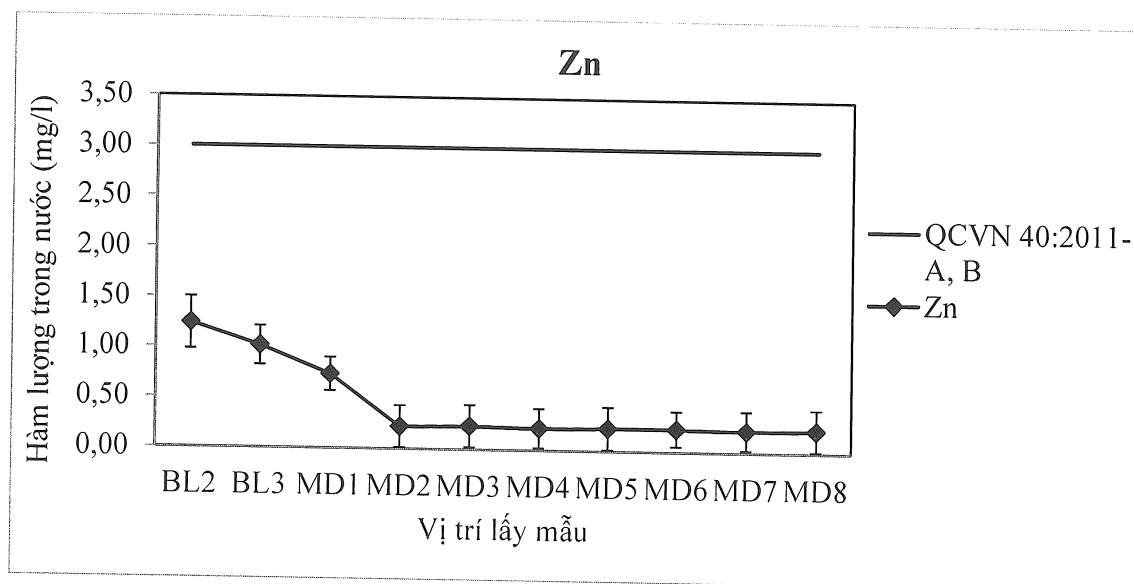
Hình 5



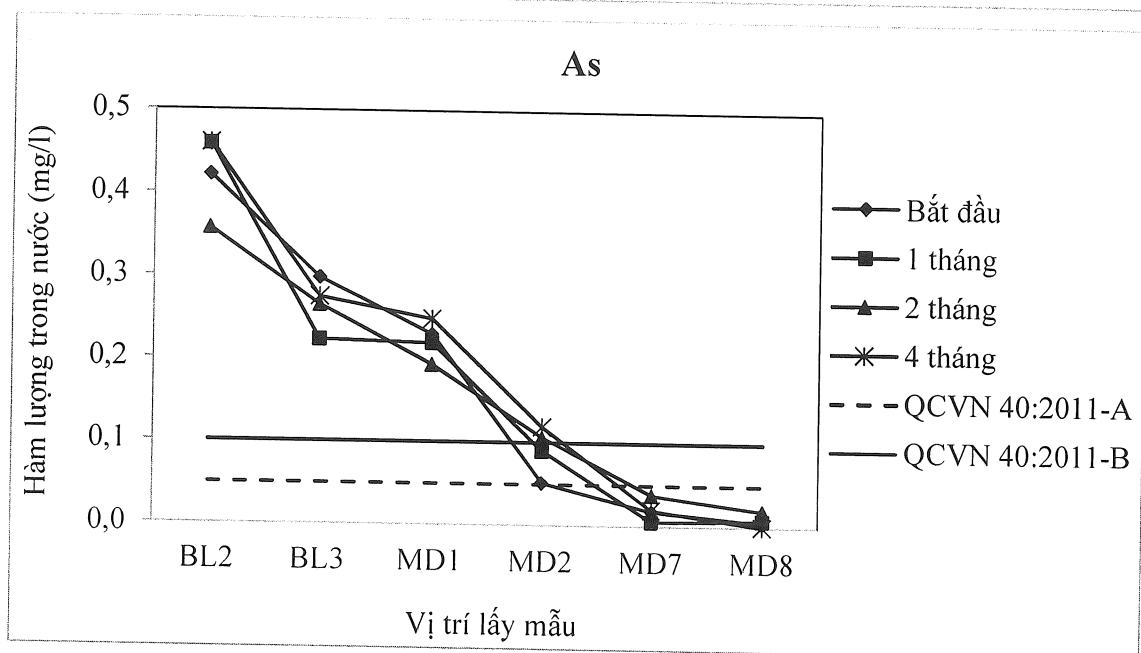
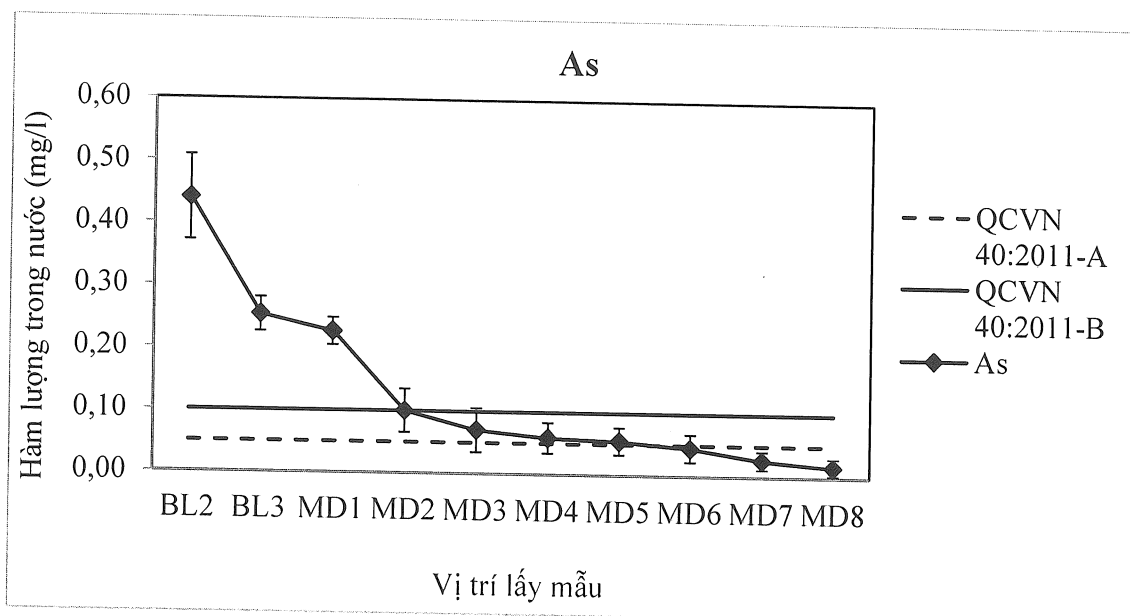
Hình 6



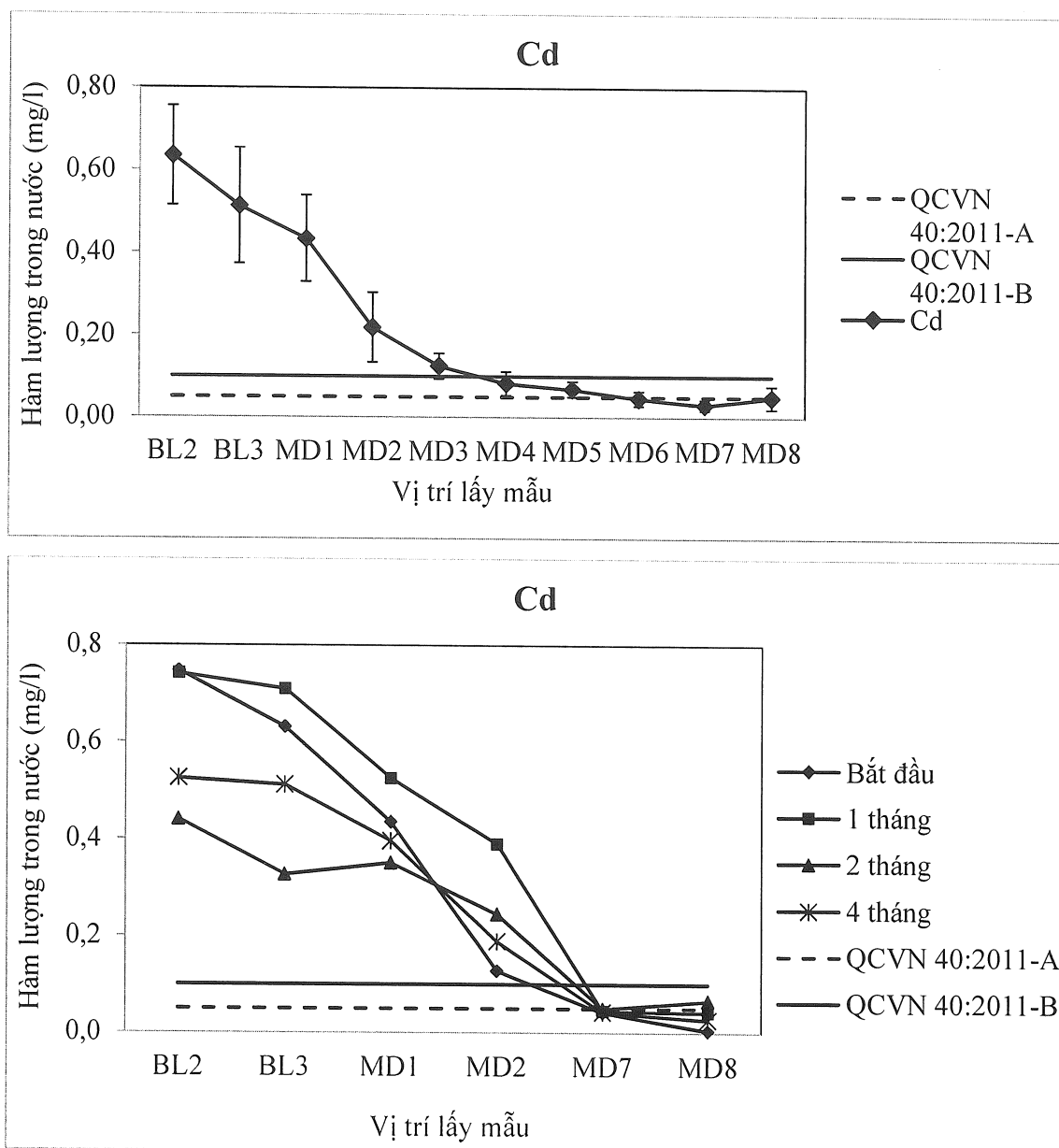
Hình 7



Hình 8



Hình 9



Hình 10

